



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-302098

(43)Date of publication of application : 02.11.1999

---

(51)Int.Cl.

C30B 29/06  
H01L 21/205

---

(21)Application number : 10-128343

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 21.04.1998

(72)Inventor : KATAHAMA HISASHI  
SUEOKA KOJI  
IKEDA NAOKI  
FUJIKAWA TAKASHI

---

(54) SILICON WAFER AND SILICON EPITAXIAL WAFER, AND THEIR PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain wafers for devices and particle monitor and a wafer able to take out a substrate for epitaxy from the same ingot by incorporating a specific amt. or above of carbon into the wafer and growing the wafer by such a low speed growth that an oxygen-induced stacking fault ring (OSF-ring) appears within the outer periphery of the wafer or disappears in the central part.

SOLUTION: This wafer is a silicon wafer formed by crystal pulling up with a Czochralski method. The carbon content in the wafer is  $1.0 \times 10^{16}$  atoms/cm<sup>3</sup> (new ASTM). The wafer for the devices and the epitaxial wafer are taken out of the same ingot. The wafer for particle monitor is preferably the wafer of which the OSF-ring disappears in the central part. The wafer for the devices and the wafer for epitaxy are preferably the wafers of which the OSF-rings exist at a point of 1/2 the diameter from the center. The utilization range of the ingot is expanded and the cost is reduced.

---

### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

1201

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-302098

(43) 公開日 平成11年(1999)11月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

C 3 0 B 29/06

C 3 0 B 29/06

A

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-128343

(22) 出願日 平成10年(1998)4月21日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 片浜 久

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(72) 発明者 末岡 浩治

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(72) 発明者 池田 直紀

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 押田 良久

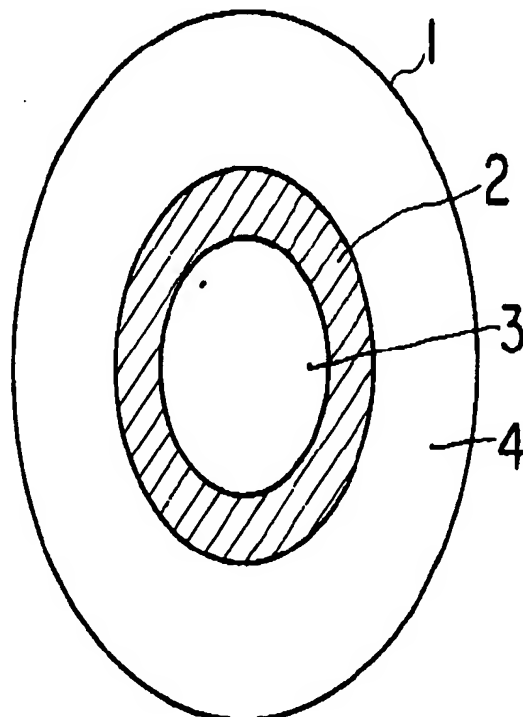
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコンウェーハとシリコンエピタキシャルウェーハ並びにその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 O F S - リングがウェーハ内部に存在するか、中央に消滅したウェーハで、かつその転位クラスターの発生を抑制したウェーハの製造方法。

【解決手段】 チョクラルスキー法にて結晶引上を行うに際し、ウェーハ中の炭素濃度が  $1.0 \times 10^{16} \text{ cm}^3$  (new ASTM) 以上となるように炭素を添加し、O S F - リングがウェーハ外周の内部に現れるか中心部で消滅するような低速引上で育成することにより、得られた同一のインゴットより、デバイス用ウェーハ、パーティクルモニター用ウェーハに加えて、エピタキシャル成長用基板を取り出すことができ、インゴットの利用範囲が拡大できるため、容易に製造でき、これらすべての品種のウェーハのコストを低減できる。



# 【特許請求の範囲】

【請求項1】 チョクラスキー法にて結晶引上げてウェーハ化したシリコンウェーハであり、ウェーハ中に炭素を $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$  (new ASTM) 以上含み、酸素誘起積層欠陥リングがウェーハ外周の内部に現れるか中心部で消滅したシリコンウェーハ。

【請求項2】 請求項1において、ウェーハ上にエピタキシャル成長したシリコン層を有するシリコンエピタキシャルウェーハ。

【請求項3】 チョクラスキー法にて結晶引上を行うに際し、ウェーハ中の炭素濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$  (new ASTM) 以上となるように添加し、酸素誘起積層欠陥リングがウェーハ外周の内部に現れるか中心部で消滅するような低速引上で育成したシリコンウェーハの製造方法。

【請求項4】 請求項3において、得られた同一のインゴットより、シリコンウェーハ用およびシリコンエピタキシャルウェーハ用をそれぞれ取り出すシリコンウェーハの製造方法。

【請求項5】 請求項4において、ウェーハ上にシリコン層をエピタキシャル成長したシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法。

# 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体デバイス基板として用いられるシリコンウェーハとその製造方法に係り、チョクラスキー法にて炭素を添加して酸素誘起積層欠陥リング（OSF-リング）が中心部で消滅するような低速引上で育成することにより、得られたシリコンウェーハのOSF-リングの外周側部分に転位クラスターの発生を防止し、特にOSF-リングが中心部で消滅したシリコンウェーハをエピタキシャルウェーハ用として使用可能にし、同一のインゴットより通常用とエピタキシャル用などの種々用途のウェーハを製造できる、シリコンウェーハとシリコンエピタキシャルウェーハ並びにその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体デバイスに利用されるシリコンウェーハをチョクラスキー法で成長させると、その引上速度に応じて酸素誘起積層欠陥リングの位置が変化する。このOSF-リングは高速引上ほど外周側へ移動し、低速引上ほど内部へ移動し、ある速度以下で中心部で消滅する。

【0003】図1に示すようにシリコンウェーハ1上に見られるOSF-リング2の内側領域3は引上時に点欠陥であるシリコンの空孔が支配的な領域であり、空孔が凝集した欠陥がGrown-in欠陥として存在する。この空孔の凝集体がウェーハの鏡面研磨の後、ウェーハ表面に現れたのがCrystal Originate

d Particle (COP) と呼ばれる欠陥で、その実態は8面体のピットである。

【0004】このCOPはゲート酸化膜耐圧を劣化させたり、素子分離不良を起こしたりしてデバイスへ悪影響を与える。デバイスパターンの微細化に伴い、この影響は顕著になりつつある。

【0005】また、表面検査装置でシリコン表面上のパーティクルを検査するときに、COPはパーティクルと判断されるため、COPが存在するとパーティクルモニターウェーハとしても利用できなくなる。このため、結晶引上に点欠陥制御によるCOP欠陥低減が検討されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】これに対して、図1に示すごとくシリコンウェーハ1上のOSF-リング2の外側領域4は点欠陥である格子間シリコンが優勢な領域であり、そこでは格子間シリコンに起因した転位クラスターと呼ばれるGrown-in欠陥が発生する。

【0007】この欠陥もリーク電流の増大などデバイス特性を劣化させるため、従来はOSF-リングがウェーハ外周の内側に存在するウェーハや、特に中心部で消滅したウェーハはほとんど利用されなかった。

【0008】しかしながら、何らかの方法で転位クラスターの発生を抑制できれば、デバイス特性の劣化を引き起こさない高品質のウェーハを提供することができるものと、考えられる。

【0009】特に、OSF-リングが中心に収縮したウェーハはCOP領域がないため、表面検査装置で表面のパーティクルを調べるための低密度のパーティクルモニターウェーハとしても利用可能であるが、転位クラスターの発生を抑制することで、一度の結晶引上でデバイス用のシリコンウェーハと、パーティクルモニター用のシリコンウェーハを一本のインゴットから製造することができ、インゴットの利用範囲が拡大し、コスト低減効果が得られるものと予想される。

【0010】さらに、引き上げられた一本のインゴットから、デバイス用ウェーハ、パーティクルモニター用ウェーハに加えて、エピタキシャル成長用基板が提供できれば、より一層インゴットの利用範囲が拡大できるため、これらすべての品種のウェーハのコストを低減できるものと予想される。

【0011】しかし現実には、OSF-リングが中央に収縮しているウェーハにエピタキシャル成長すると、転位クラスターがエピタキシャル層にまで伝播して品質劣化を起こすため、エピタキシャル基板としてはOSF-リングがウェーハ外周の内側にあるウェーハを用いることはなく、OSF-リングが外周の外へ出ているウェーハを用いている。

【0012】この発明は、上述したOSF-リングの外周域での転位クラスターの発生を解消し、一つのインゴ

ットからデバイス用、パーティクルモニター用、エピタキシャル基板用をそれぞれ低コストで提供すること目的とし、OFS-リングがウェーハ内部に存在するか、中央に消滅したウェーハで、かつその転位クラスターの発生を抑制したシリコンウェーハとシリコンエピタキシャルウェーハ並びにその製造方法の提供を目的としている。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】一般に、シリコン中の転位の運動はシリコンに含まれる不純物に影響される。通常チョクラルスキー法で育成したシリコンには $1 \times 10^{18} \text{ cm}^3$ オーダーの酸素が含まれているが、この酸素が転位の運動を阻害することは良く知られている。しかしながら、この濃度の酸素では、OFS-リングの外側領域に現れる転位クラスターの伝播を阻止できないため、実際、Grown-inの状態転位クラスターは現れる。

【0014】そのため、より転位運動阻止能の強い不純物の添加が効果的である。しかも、デバイス用ウェーハであることを考えると、電氣的に中性である4属原子が望ましい。4属原子である炭素に注目すると、シリコンカーバイド(SiC)がシリコンよりも高融点で、硬度も高い点から明らかなように、シリコン-炭素の結合はシリコン-シリコン結合よりことから、原子の結合を切りながら進む転位の運動を抑制する能力が高いと考えられる。

【0015】さらに、素子作製時、転位の発生原因は熱処理時の応力が主であるが、結晶育成時の転位クラスター発生には、格子間シリコンの濃度も関係し、炭素が存在すると、歪みによる炭素と格子間シリコンの相互作用により、転位クラスター形成に寄与する格子間シリコンの濃度が低くなると考えられる。

【0016】そこで、発明者らは、実施例に示すごとく、炭素濃度を变化させて実験を行い $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上で転位クラスターを抑制できることを知見し、さらに検討を加えた結果、炭素を添加してOFS-リングが中心部で消滅するような低速引上で育成することにより、得られたシリコンウェーハのOFS-リングの外周側部分に転位クラスターの発生を防止し、特にOFS-リングが中心部で消滅したシリコンウェーハをエピタキシャルウェーハ用に使用できることを知見し、この発明を完成した。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】この発明によるシリコンウェーハは、チョクラルスキー法にて結晶引上を行うに際し、ウェーハ中の炭素濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$  (new ASTM) 以上となるように添加し、OFS-リングがウェーハ外周の内部に現れるか中心部で消滅するような低速引上で育成したことを特徴とし、得られた同一のインゴットより、デバイス用ウェーハ、パーテ

ィクルモニター用ウェーハに加えて、エピタキシャル成長用基板を取り出すことができ、インゴットの利用範囲が拡大できるため、これらすべての品種のウェーハのコストを低減できる利点がある。

【0018】この発明において、ウェーハ中の炭素濃度は $1.0 \sim 3.2 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$  (new ASTM) であり、ウェーハの用途、引上げインゴットの外径、ウェーハ上のOFS-リングの位置等を考慮し、炭素濃度や引上げ速度を適宜選定する必要がある。例えば、表2に示すように $150 \text{ mm}$ や $200 \text{ mm}$ の直径のウェーハでは、引上げ速度に関係なく、 $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上の炭素濃度とすることが好ましく、 $300 \text{ mm}$ の直径のウェーハでは、引上げ速度が $0.5 \text{ mm/min}$ で $1.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上の炭素濃度、引上げ速度が $0.4 \text{ mm/min}$ で $2.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上の炭素濃度が好ましい。

【0019】この発明において、得られた同一のインゴットより、デバイス用シリコンウェーハ用およびシリコンエピタキシャルウェーハ用をそれぞれ取り出すが、パーティクルモニター用ウェーハはOFS-リングが中心部で消滅したものが望ましく、デバイス用ウェーハ及びエピタキシャル成長用ウェーハは、OFS-リングが中心から直径の $1/2$ の箇所に位置したものが好ましい。

#### 【0020】

##### 【実施例】実施例1

結晶成長はチョクラルスキー法で、 $100$ 方位の種結晶を用い、直径が $200 \text{ mm}$ の単結晶を引き上げた。炭素は高純度の炭素粉末を多結晶シリコンとともに、石英ルツポに充填し、同時に融解することで添加した。添加量を変えることで、 $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ から $2 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ の範囲の濃度の炭素を含むウェーハを得た。

【0021】ここでは引上速度を $0.4 \text{ mm/分}$ としたところ、OFS-リングは中心部分に消滅した。なお、酸素濃度は $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ と $1.1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$  (old ASTM) の2水準のウェーハを成長させた。ウェーハはボロンを添加したp型で抵抗率は $1 \sim 20 \Omega \text{ cm}$ の範囲であった。

【0022】これらのウェーハを、セコエッチング液で処理して、ウェーハ内に存在する転位クラスターの個数を測定した。図2Aに測定した転位クラスターの個数の炭素濃度依存性を示す。比較のために炭素を添加しない以外は実施例と同じ条件で成長した場合の転位クラスターの個数も示す。図2Aの黒菱印は酸素濃度は $1.5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 、白角印は酸素濃度は $1.1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ のウェーハを示す。

【0023】炭素濃度が $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ の時は、炭素添加なしと同じレベルの転位クラスターが観察されたが、 $5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ を越すと

転位クラスタの数が減少しはじめ、 $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ では、ほとんど観察されなかった。この、炭素による転位クラスタの発生抑制は、酸素濃度が $1.5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ と $1.1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ のどちらの場合でも同様に得られた。この結果から、炭素による転位クラスタの抑制は酸素濃度に顕著に依存せず、主として炭素濃度で決定されていると判断できる。

【0024】さらに、図2Aにはウェーハの抵抗率が $1 \sim 20 \Omega \text{ cm}$ の範囲のウェーハが含まれているが、転位クラスタが減少し始める炭素濃度は、 $1 \sim 20 \Omega \text{ cm}$ の範囲ではほぼ一定の炭素濃度から転位クラスタ数が減少していることが示された。

#### 【0025】実施例2

実施例1で示したOFS-リングが中央で消滅したシリコンウェーハと同一のインゴットから製造したシリコンウェーハ（炭素濃度： $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3 \sim 2 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 、酸素濃度： $1.5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 、 $1.1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 、抵抗率： $1 \sim 20 \Omega \text{ cm}$ ）を基板として、その上にシリコンエピタキシャル層を成長させた。エピタキシャル炉はランプ加熱の枚葉式の反応炉を用いた。成長温度は $1050^\circ\text{C}$ で、エピタキシャル層の膜厚は $4 \mu\text{m}$ である。

【0026】エピタキシャルウェーハの場合、セコエッチングで評価を行うと、エピタキシャル層全体をエッチングするため、エピウェーハに伝播した転位クラスタの数を正しく評価できない。従って、エピタキシャル層表面まで伝播した転位クラスタの数を光散乱を用いた表面欠陥検査装置とセコエッチングを複合させて評価した。

【0027】表面検査装置では転位に起因する表面段差を検出することができる。欠陥サイズは $0.1 \mu\text{m}$ 以下の欠陥を教えた。これにより、表面欠陥の位置を記録した上で、セコエッチングを行い、その位置が表面欠陥と同じ位置にある転位クラスタのみが表面まで伝播して

いると判断してエピタキシャル層の転位クラスタの数を調べた。

【0028】図2Bにエピタキシャル層表面まで伝播した転位クラスタの数の炭素濃度依存性を示す。炭素添加なしの場合は、転位クラスタがエピタキシャル層表面まで伝播していることがわかる。なお、図2Bの黒菱印は酸素濃度は $1.5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 、白角印は酸素濃度は $1.1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ のウェーハを示す。

【0029】しかも、結晶成長後に比べ、エピタキシャル成長後のほうが数が増加している。これは、セコエッチングで評価できるおよそ $20 \mu\text{m}$ より深い位置にある転位クラスタが、エピタキシャル成長の間にエピタキシャル表面まで伝播したことによる増加である。

【0030】図2Bから判断できるように、炭素濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ を越すと、結晶成長後と同様に、転位クラスタの減少が見られた。これは基本的に炭素によって転位の運動が抑止された結果である。

【0031】さらに、ウェーハがデバイス熱処理を受けることを想定して、その熱処理による転位クラスタの数の変化を調べた。想定した熱処理は、4つのステップからなっており、1stepは $850^\circ\text{C}$ で1時間、2stepは $1050^\circ\text{C}$ で1時間、3stepは $750^\circ\text{C}$ で2時間、4stepは $900^\circ\text{C}$ で2時間である。ガス雰囲気は $100\%$ 酸素雰囲気で行った。

【0032】この熱処理の後、再び、光散乱による表面検査装置とセコエッチングの複合検査で転位クラスタの数を調べた。表1に4種類のエピタキシャルウェーハにおける各ステップ後の転位クラスタの数の変化を示す。僅かに数の増加は観察されたが、炭素無添加の場合に比べ低い数にとどまっており、炭素添加の有効性が示された。

#### 【0033】

【表1】

試料 No.	ウェーハ特性			転位クラスタ数	
	炭素濃度 $\times 10^{16}$ atoms/cm <sup>3</sup>	酸素濃度 $\times 10^{18}$ atoms/cm <sup>3</sup>	抵抗率 $\Omega \text{ cm}$	エビ成長後	熱処理後
1	2	1.5	2	9	11
2	10	1.5	10	2	2
3	15	1.5	10	1	1
4	10	1.1	10	3	4

【0034】実施例3  
種々の半径のインゴットを成長速度を変えて引上げるこ

とにより、OSF-リングの位置を変え、得られたウェーハの炭素濃度と転位クラスタ数との関係を調べた。

表2にその結果を示す。酸素濃度は $1.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  (old ASTM) p型で、抵抗率は $10 \Omega \text{ cm}$ である。転位クラスター数はセコエッチング液で処理して測定した。

【0035】直径が150mmの場合、引上げ速度0.7mm/分でOSFーリングはウェーハ中央から35mmに現れ、0.55mm/分で中央に収縮する。直径が200mmの場合、引上げ速度0.65mm/分でOSFーリングはウェーハ中央から50mmに現れ、0.45mm/分で中央に収縮する。この場合、OSFーリング位置やウェーハ直径に顕著に依存せず、炭素濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ を越すと、転位クラスター数は減少し、転位抑制効果が確認できた。

【0036】直径が300mmの場合、引上げ速度0.

5mm/分でOSFーリングはウェーハ中央から75mmに現れ、0.4mm/分で中央に収縮するが、この場合は200mmに比べ、効果が現れる炭素濃度が増加した。また、これは大口径化に伴い転位クラスターの原因となる格子間シリコンの濃度が高くなり、転位クラスターは発生しやすくなるため、抑制に必要な炭素濃度が上昇するためと解釈できる。

【0037】また、OSFーリングが中央収縮した場合はさらに、炭素濃度が高くなった。これも中央に収縮したウェーハの方が格子間シリコンの濃度が高いためと考えられる。

【0038】

【表2】

ウェーハ直径 (mm)	引上げ速度 (mm/分)	OSF-リング 位置	炭素濃度 (atoms/cm <sup>3</sup> )	転位 クラスター数 (個/wafer)	転位抑制 効果有無
150	0.7	中央から 35mm	$0.5 \times 10^{16}$	33	無
			$1.0 \times 10^{16}$	1	有
			$2.0 \times 10^{16}$	1	有
	0.55	中央に収縮	$0.5 \times 10^{16}$	43	無
			$1.0 \times 10^{16}$	4	有
			$2.0 \times 10^{16}$	2	有
200	0.65	中央から 50mm	$0.5 \times 10^{16}$	52	無
			$1.0 \times 10^{16}$	3	有
			$2.0 \times 10^{16}$	1	有
	0.45	中央に収縮	$0.5 \times 10^{16}$	64	無
			$1.0 \times 10^{16}$	3	有
			$5.0 \times 10^{16}$	2	有
300	0.5	中央から 75mm	$1.0 \times 10^{16}$	103	無
			$1.5 \times 10^{16}$	4	有
			$5.0 \times 10^{16}$	3	有
	0.4	中央に収縮	$1.0 \times 10^{16}$	144	無
			$2.0 \times 10^{16}$	3	有
			$5.0 \times 10^{16}$	2	有

【0039】

【発明の効果】この発明による製造方法は、チョクラルスキー法にて結晶引上を行うに際し、ウェーハ中の炭素濃度が $1.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$  (new ASTM) 以上となるように炭素を添加し、OSFーリングがウェーハ外周の内部に現れるか中心部で消滅するような低速引上で育成することにより、得られた同一のインゴットより、デバイス用ウェーハ、パーティクルモニター用ウェーハに加えて、エピタキシャル成長用基板を

取り出すことができ、インゴットの利用範囲が拡大できるため、容易に製造でき、これらすべての品種のウェーハのコストを低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】低速引上でOSFーリングがウェーハ外周より内部あるときのウェーハ表面の説明図である。

【図2】Aは炭素添加ウェーハの転位クラスター数の炭素濃度依存性を示すグラフであり、Bは炭素添加エピタキシャルウェーハの転位クラスター数の炭素濃度依存性

を示すグラフである。

【符号の説明】

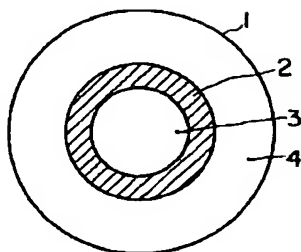
1 シリコンウェーハ

2 O S F - リング

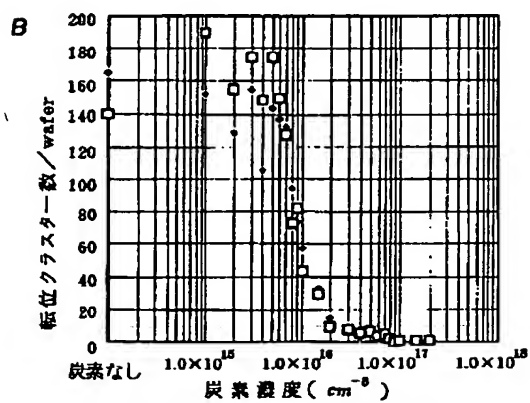
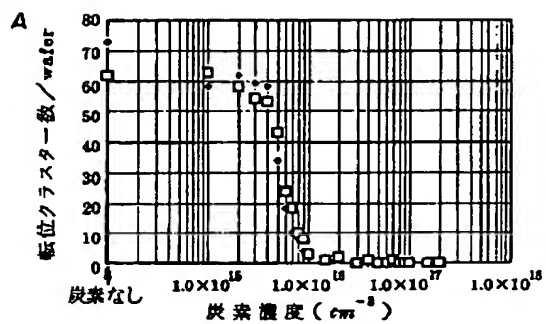
3 内側領域

4 外側領域

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 藤川 孝

佐賀県杵島郡江北町大字上小田2201番地

住友シチックス株式会社内